

## PC controlled system for accurate colour spectrum analysis

**Patent number:** DE19534517  
**Publication date:** 1997-03-06  
**Inventor:** FISCHER HORST DR DR [DE]; FISCHER PETER DR [DE]  
**Applicant:** FISCHER HORST DR DR [DE]; FISCHER PETER DR [DE]  
**Classification:**  
- **international:** A61C19/04; A61C19/10; G01J3/52  
- **european:** A61C19/04; A61C19/10; G01J3/50  
**Application number:** DE19951034517 19950905  
**Priority number(s):** DE19951034517 19950905

### Abstract of DE19534517

A PC controlled measurement system for accurately determining the components of a colour spectrum is designed to eliminate subjective assessments when matching e.g. dental repairs. The method employs three stable light sources e.g. LEDs (10) of different colour and of known spectral output using independent fibre optics (2a) to convey pulsed light energy to the target area by means of a suitable probe (3). Reflected light is returned via a fourth optic cable (2b) to a photodiode receiver (11) in the control unit (4) for analogue/digital conversion, disc storage and processing/presentation by the PC (5) and VDU (7).

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



DEUTSCHES

PATENTAMT

21 Aktenzeichen: 195 34 517.7

22 Anmeldetag: 5. 9. 95

43 Offenlegungstag: 6. 3. 97

DE 195 34 517 A 1

71 Anmelder:

Fischer, Horst, Dr. Dr., 10178 Berlin, DE; Fischer, Peter, Dr., 14199 Berlin, DE

72 Erfinder:

gleich Anmelder

56 Entgegenhaltungen:

DE	26 31 770 A1
DE-OS	22 56 355
FR	25 91 470 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Meßsystem zur Objektivierung der Referenzanalyse von Zahnfarben

57 Zur Objektivierung der Referenzanalyse von Farben, insbesondere von Zahnfarben wird ein PC-gesteuertes Meßsystem beschrieben, das die Analyse von empirisch gewonnenen Meßwerten durchführt und deshalb besonders pragmatischen Interessen entgegenkommt. Die Funktion begründet sich auf dem farbphysikalischen Verfahren, das mit drei farbigen Strahlungsquellen arbeitet. Die Meßwerte werden in keinem der bekannten Standardfarbräume behandelt. Die Analyse erfolgt grafisch und numerisch in Referenz zu den Merkmalen vorgegebener Zahnfarbenarben. Vorliegende Erfindung zielt besonders auf die Referenzanalyse zu den in der Zahnprothetik üblicher Weise von Zahnärzten verwendeten Farbringen für Zahnkeramik- bzw. Kunststoffmassen. Die zur Analyse erforderlichen Referenzwerte werden als empirisch gewonnene "elektronische Farbringe" dargestellt. In Prozenten wird der Abstand zu zwei nächstgelegenen Referenzfarbwerten im Farbraum des Gerätes ermittelt, der unter Beachtung des physiologischen Farbraums rechnergesteuert geformt wird. Alle Meßwerte sind auf einen Weißbezugswert abgeglichen. Ein Zahnarzt kann sich in diesem PC-gesteuerten Meßsystem an der Interpretation der Meßwerte beteiligen und in gewohnten Begriffen mit dem Labortechniker verständigen.

DE 195 34 517 A 1

Erfindungsgemäß wird ein PC-gesteuertes Meßsystem beschrieben, das eine Objektivierung der Referenzanalyse von Zahnfarben für die prothetische Restauration ermöglicht. Die genannte Anwendung gilt beispielhaft auch für andere Gebiete, die eine Referenzanalyse von Farben erfordern. Das könnten zum Beispiel die Referenzanalyse bei der Restauration von Gemälden, der Bearbeitung alter Lackierungen, der Herstellung bestimmter Tönungen in der Kosmetik oder Haarpflege u. a. sein. Gleichsam medizinisch relevant wäre auch die Referenzanalyse von dermatologischen Erscheinungen, wozu sich das erfindungsgemäße Meßsystem eignet.

Die natürlichen Zahnfarben nehmen nur einen sehr kleinen, weißnahen Bereich in einem Farbraum ein. Die Unterscheidbarkeit dieser nahe Farbtöne ist recht schwierig. Bekannt sind nur sehr aufwendige optische Spektralmeßgeräte zur Farbbestimmung. Man bestimmt visuell, weil die Kosten der Geräte oftmals der Anwendung gegenüber nicht adäquat sind. In Realität steht heute dem Zahnarzt und seinem Labortechniker kein handhabbares objektives Meßsystem zur Farbbestimmung bei der zahnprothetischen Restauration zur Verfügung. Die Zahnfarbe wird subjektiv visuell in Referenz zu sogenannten Farbringen beurteilt, die von Herstellern der Zahnkeramik- bzw. Kunststoffmassen verfügbar gemacht werden. Diese subjektive Methode ist aus vielen Gründen recht ungenau und führt oft zu erheblichen Nachbesserungen bereits aufwendig ausgeführter Arbeiten, stehen doch für die prothetische Restauration meistens nur 16–20 uneindeutige Farbmusterzähne der Farbringe den unzähligen Nuancierungen natürlicher Zähne gegenüber. Diese Nuancierungen lassen sich subjektiv meist nur schwer beschreiben und verursachen bereits nach wenigen visuellen Vergleichen zwischen natürlichem Zahn und Farbring ein Versagen der subjektiven Fähigkeit des Beurteilers. Allein diese Tatsache verlangt nach einem objektivierten Meßsystem als Hilfsmittel für Farbvergleiche.

Die visuellen Versuche des Zahnarztes, eine farblich generalisierte Aussage anhand der unzulänglichen Farbringmuster zu finden, scheitert außerdem an der Tatsache, daß sich die Zahnfarbe im zervikalen Bereich eines Musterzahns mit der Farbe des labialen oder inzisal Bereichs eines anderen Musterzahns des gleichen Farbrings überschneidet. Das erschwert allerdings auch die Handhabung eines objektiven Meßverfahrens unter Verwendung der praxisüblichen Farbringe.

Aufgabe des erfindungsgemäßen Meßsystem (Abb. 1) ist es vor allem, den Zahnarzt vom visuellen Subjektivismus zu befreien und ihm einen objektiven Maßstab in die Hand zu geben.

Das erfindungsgemäße Meßsystem geht deshalb davon aus, methodisch das Farbringverfahren weitestgehend beizubehalten, dabei aber die Tatsache zu berücksichtigen, daß die Farbringe uneindeutig sind. Dazu wird jedes Farbringmuster (1) in drei Meßbereiche unterteilt: zervikal (1a), labial (1b) und inzisal (1c) (Abb. 2). Die Kleinheit dieser Bereiche auf einem Zahn bedingt, daß die Flächen höchstens 3–4 mm im Durchmesser betragen dürfen. Die trotzdem noch auf der Meßfläche vorhandenen Farbschattierungen werden durch den Generalisierungseffekt der Farbmessung relativiert.

Die Referenzfarben werden also aus den bekannten Farbringen bestimmt, deren Farbwerte zervikal, labial und inzisal gemessen und als Datei "elektronischer

Farbringe" vom Meßsystem im PC eingespeichert werden.

Der Zahnarzt wählt für seine Analyse und das Zusammenwirken mit dem Zahntechniker den für ihn am besten bekannten Farbring, um sich in der Gewöhnungsphase an die objektive Messung in gewohnten Begriffen mit dem Labortechniker zu verständigen. Die elektronischen Farbringe werden generalisiert, aber differenzierter als die materiell vorhandenen, zum Beispiel als VI-TA-, BIODENT-, BAYER- usw. -Farbring zervikal, labial oder inzisal, getrennt voneinander und in Referenz zu den Meßwerten sofort auf dem Bildschirm dargestellt. Der Zahntechniker kann für die Beurteilung seiner Arbeit das gleiche Meßsystem verwenden.

Auf der Grundlage der vorstehenden Gedanken gibt das erfindungsgemäße Meßsystem dem Zahnarzt ein pragmatisch handhabbares Meßgerät und Meßwertbearbeitungsverfahren als eine die Kosten günstig beeinflussende Entscheidungshilfe bei der Referenzanalyse der für die prothetische Restauration wichtige Zahnfarbe in die Hand, die sich auf die dem Zahnarzt und Zahntechniker bekannten und von ihnen üblicher Weise verwendeten Farbringe der Zahnkeramik- bzw. Kunststoffmassenhersteller stützt. Die Erfindung erhebt nicht den Anspruch, die Farbbestimmung in einem international standardisierten, und vergleichbaren Farbraum vorzunehmen.

Die Empfindlichkeit der Farbwertdifferenzierung des erfindungsgemäßen Systems ist besser als die des Auges. Deshalb ist die Erfindung zu breiterer Anwendung geeignet, das Verständnis der heute verwendeten Referenz zu den wenigen Farbringmustern allmählich zu verändern, um später Zahnfarben nach Meßwerten aus keramischen Grundsubstanzen herstellen zu können. Die Erfindung objektiviert die Farbwertbestimmung durch Messen und anschließender Rechneranalyse, sie unterstützt aktiv die Interpretation des Zahnarztes.

Das Meßsystem besteht aus einem speziellen Lichtleiter (2) mit Meßkopf (3), der optisch an eine elektronische Schaltung (4) gekoppelt wird, die ihrerseits auf einem Steckplatz eines handelsüblichen PC (5) Platz findet. Die Funktionen dieser Hardware werden durch ein entsprechendes Software-Programm (6) gesteuert, das gleichzeitig die Meßergebnisse bearbeitet und auf dem Rechnerbildschirm (7) grafisch in interpretierbarer Art darstellt (Abb. 12). Der Meßvorgang wird dabei vom PC menügesteuert geführt.

Die zur Analyse erforderlichen Referenzwerte werden empirisch eingemessen oder manuell eingeben und als sogenannte "elektronische Farbringe" (8) in einer Datei gespeichert, die dann jeweils für die Referenzanalyse zur Verfügung steht. Es lassen sich beliebige Farbringe eingeben.

Aus den Werten einer Messung wird der Abstand zu zwei nächstgelegenen Farbwerten der eingegebenen elektronischen Farbringe im Farbraum des Gerätes ermittelt und in Prozenten (9) und Bildschirmkoordinaten ausgegeben. Die Analyse im Farbraum des Gerätes wird unter Beachtung des physiologischen Farbraums rechnergestützt beeinflusst.

Das Meßsystem wird vor oder nach jeder Messung auf einen Weißbezugswert abgeglichen.

Der Anschluß des Farbraums des erfindungsgemäßen Systems an internationale Standardfarbraumdarstellungen ist möglich, erfordert jedoch nur zusätzliche Rechnerzeit und führt zu keiner Verbesserung des für den Zahnarzt interpretierbaren empirischen Meßergebnisses.

Bekannte technische Lösungen der Farbwertbestimmung gehen entweder davon aus, daß für drei Farbkoordinaten jeweils gleiche Beleuchtungsbedingungen bei hinreichend hoher spektraler Auflösung vorhanden sein müssen, um zum Beispiel die spektralen Helligkeitswerte der natürlichen und künstlichen Zähne zu messen, daraus die Farbkoordinaten zu berechnen und sie dann miteinander zu vergleichen, oder es müssen die Farbkoordinaten direkt gemessen werden, wozu jedoch die spektrale Empfindlichkeit der einzelnen Kanäle mit hoher Genauigkeit den Verlauf der spektralen Verteilung der den Farbraum beschreibenden Funktionen (z. B.  $r(\lambda)$ ,  $g(\lambda)$  und  $b(\lambda)$ ) nachbilden muß.

Erfindungsgemäß wird von den vorstehend genannten physikalisch definierten Schemata ausgegangen und es werden akzeptable Lösungsansätze für die Farbreferenzanalyse ausgeführt.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe werden in einem Fall drei spektral gut definierte und stabile Festkörperlichtquellen (10) verwendet, die zusammen mit Empfänger (11) und Verarbeitungseinheit einen gerätebezogenen Farbraum definieren. In diesem Fall kann man mit einem Fotoempfänger geeigneter spektraler Empfindlichkeit für alle drei Kanäle auskommen, indem die Messung in jedem Kanal zeitlich versetzt erfolgt. Geeignete Lichtquellen (10) sind spektral vermessene Leuchtdioden (LEDs) (Abb. 4) und als Empfänger dienen Fotodioden aus der industriellen Serienproduktion. Diese Lösung ist deshalb möglich, weil die spektralen Kennlinien (12) der Zahnfarben einen recht harmonisch, monotonen Verlauf aufweisen (Abb. 5). Man wählt zwischen Blau, Grün und Rot und stellt eine Korrelation der spektralen Kennlinien (13) der Strahler zu den spektralen Kennlinien des physiologischen Farbraums (Abb. 3) her. Die auffälligsten Veränderungen zeigen die spektralen Kennlinien der Zahnfarben im blauen Spektralbereich, weshalb auch dem Blaubereich des Meßsystems besondere Beachtung zukommt.

Die Strahlerkennlinien der einzelnen Kanäle werden in Relation zu den Kennlinien des visuell verwendeten physiologischen Farbraums, zur Sensibilität der Rezeptoren des Auges gesetzt, um gerätetechnisch die gleiche Reihenfolge der Meßwertkoordinaten der Referenzmuster zu erreichen, wie man sie im natürlichen Farbraum bei visueller Referenzanalyse einordnen würde.

Die Korrelation der blauen spektralen Kennlinie des Strahlers mit der des physiologischen Farbraums ist wegen der starken, jedoch monotonen Veränderungen besonders wichtig. Der grüne Bereich dient vor allem der Helligkeitsbestimmung und der rote Strahler wird vor allem aus mathematischen Gründen als dritte Komponente verwendet und kann am Rande der Rotempfindlichkeit des Auges schmalbandig gewählt werden, denn die spektralen Kennlinien der Zahnfarben sind im Grün-Rotbereich nur wenig variabel.

Da eine 100%ige Identität (Abb. 6) der Kennlinien (13) der gewählten Strahler zum Kennlinienverlauf der spektralen Sensibilität des Auges (14) nicht gegeben ist, wird die relative Ordnung der Meßwerte zur geforderten Reihenfolge der physiologischen Wahrnehmbarkeit algorithmisch über einen software-gesteuerten Prozeß hergestellt.

Erfindungsgemäß ist für die Anwendbarkeit einer Referenzanalyse nach vorstehend gezeichnetem Schema der monotone Verlauf der spektralen Kennlinien der Farben unbedingte Voraussetzung.

Bei Einhaltung dieser Forderung und Auswahl entsprechender Strahler ist das erfindungsgemäße System

auch geeignet, Farbdifferenzierungen in anderen Bereichen des Farbraums zu analysieren.

Drei Strahler werden in beliebiger Reihenfolge nacheinander impuls gesteuert angesprochen, so daß mehrere hundert Einzelimpulse zu einer Messung formiert werden. Somit wird eine ausreichende Statistik für die Meßwertanalyse gesichert.

Bekanntlich wirkt ein solches System optimal mit etwa 200 bis 500 Meßimpulsen. Die Impulsformung muß einen kurzfristigen Meßablauf gewährleisten. Die dafür erforderliche optoelektronische Schaltung (4) wird unter Verwendung bekannter steuerungstechnischer Lösungen des Zusammenschaltens von modernen elektronischen und optoelektronischen Bauelementen der industriellen Massenproduktion so auf einer oder mehreren gedruckten Karten angeordnet, daß sie in jeden modernen PC eingesetzt werden kann. Eine Besonderheit der Schaltung besteht darin, daß sie auf der Basis des Meßhistogramms in jeden konkreten PC programmgesteuert eingepaßt werden muß.

Die von der Schaltung (4) erzeugten Lichtimpulse werden jeweils in drei gleichgeartete Faserbündel (2a) des Lichtleiters (2) eingekoppelt. In einem vierten Faserbündel (2b) wird das reflektierte Licht einem Fotoempfänger (11) zugeführt. Das Licht tritt aus den drei Faserbündeln an deren Stirnflächen (21), über einen Meßaufsatz (16) aus. Das reflektierte Licht gelangt in das vierte Faserbündel, das zum Fotoempfänger führt. Die Einhaltung der Meßgeometrie zur Meßfläche wird durch den desinfizierbaren Meßaufsatz (16) bestimmt.

Das reflektierte Licht gelangt auf den Fotoempfänger (11). Der Fotoempfänger und der anschließende Analog-Digitalwandler der Meßwerte werden im Takt der Lichtimpulse kontrolliert. Die gewonnenen Werte werden im Rechner gespeichert und bearbeitet. Ein Steuerprogramm organisiert den Meßprozeß, die statistische Auswertung der Messungen, die Berechnung der Farbraumwerte und die Bildschirmdarstellung. Die numerischen Werte, die für die Kommunikation zwischen Zahnarzt und Zahntechniker nichtssagende Ziffern sind, dienen im erfindungsgemäßen Meßsystem zur Einordnung des Meßergebnisses in eine grafische Darstellung (8) der als elektronisch bezeichneten Farbringe.

In einem anderen Fall wird das andere physikalische Verfahren angewendet und dem vorstehend beschriebenen rechnergesteuerten Meß- und Meßwertbearbeitungssystem untergeordnet. Eine fotometrisch übliche Punktlichtquelle (17) weißen Lichts wird auf der Meßfläche (18) abgebildet und das reflektierte Licht wird über drei spektraloptisch dem physiologischen Farbraum angepaßte Kanäle mit oder ohne Lichtleiter gemessen. Der Meßvorgang kann zur Erlangung einer entsprechenden Statistik beliebig oft wiederholt werden. Die Referenzanalyse der gewonnenen Meßwerte erfolgt ebenso programmgesteuert und in der gleichen Bildschirmdarstellung wie im ersten Fall beschrieben.

#### Beispiel 1

Drei Strahler mit einer Dauerstrichlichtabgabe von je etwa 1000 mcd werden mit kurzen nacheinander folgenden Steuerungsimpulsen hochgetaktet. Das System arbeitet mit 400 Impulsen je Strahler (10), die im Verlaufe von 0,5 s abgegeben werden. Im erfindungsgemäßen Meßsystem werden Kingbright-LEDs eingesetzt. Für den blauen Bereich wird eine fast 100%ige Korrelation der spektralen Kennlinien des Strahlers zur blauen Kennlinie des physiologischen Farbraums erreicht

(Abb. 6).

Das Maximum des blauen Strahlers liegt bei 445 nm. Das Maximum des grünen Strahlers liegt bei 568 nm und das des roten bei 659 nm mit einer wirksamen Bandbreite von etwa 70 nm.

Der grüne Strahler überdeckt den Mittenbereich der grünen und roten Kennlinien des physiologischen Farbraums. Der rote Strahler liegt am langwelligen Rand der roten Kennlinie des physiologischen Farbraums.

Als Fotoempfänger (11) dient die Siemens-Fotodiode SFH2030.

Die Analog-Digital-Wandlung der Meßsignale vollzieht sich auf 12-bit-Basis. Damit stehen für die Rechneranalyse maximal 4096 Digitaleinheiten zur Verfügung.

Die optoelektronische Schaltung ist auf einer Steckkarte angeordnet, die in einen entsprechenden Steckplatz eines PC-Mainboards eingeführt wird. Am Ausgang der Steckkarte aus dem PC wird anstelle der sonst üblichen elektrischen Steckkupplung eine speziell entwickelte optische Steckkupplung (18) angepaßt. Kupplungsseitig befinden sich linear in gleichen Abständen auf der Steckkarte angeordnet die drei Leuchtdioden (10) und der Fotoempfänger (11), die elastisch definiert befestigt sind.

An der freien Steckerhälfte (19) der optischen Kupplung schließt sich ein 160 cm langer Lichtleiter (2) an, der aus vier gleichartigen Faserbündeln (2a) besteht, die in Analogie zur Anordnung der Dioden linear im Stecker (19) fest installiert sind. Zum definierten Ankoppeln der Faserbündel an die Dioden befindet sich am Stecker ein Führungsblech (20) mit entsprechenden Bohrungen. Diese Art der Steckverbindung gestattet um 180° verdreht zwei gleichwertige Verbindungen.

Das durch drei Faserbündel (2a) geleitete Licht tritt an der zweiten Stirnseite (21) des Lichtleiters (2) über einen definierten Meßaufsatz (16) aus. Das vierte Faserbündel (2b) im Lichtleiter (2) leitet das reflektierte Licht zum Fotoempfänger (11). An der Meßkopfseite (21) des Lichtleiters (2) sind die Einzelfasern der vier Faserbündel miteinander radial und perimetral gleichverteilt über die Stirnfläche (21) angeordnet.

Der Meßaufsatz (Abb. 10) am Meßkopf (Abb. 7) ordnet die für die Messung erforderlichen definierten Meßbedingungen. Sein Innendurchmesser ist 4 mm. Der Abstand zwischen der Meßfläche und der Stirnseite des Lichtleiters wird über ein Rechnerprogramm so eingestellt, daß ein Farbbezugswert zu einem der hellsten Farbbringmuster in vordefinierten digitalen Einheiten erreicht und im PC gespeichert wird. Der Meßaufsatz (16) ist abnehmbar und läßt sich leicht desinfizieren. Nach Abnahme des Meßaufsatzes (16) vom Lichtleiter (2) wird der Lichtleiter zum Schutz in eine Halterung (22) gesteckt. Der Weißabgleich des Meßsystems erfolgt über ein gesondertes Weißnormal (23), das sich in der Halterung (22) des Lichtleiters (2) befindet. Der Abstand zwischen dem Weißnormal und der Stirnfläche des Lichtleiters wird über ein Rechnerprogramm so eingestellt, daß ein Weißbezugswert in vordefinierten digitalen Einheiten erreicht und im PC gespeichert wird.

Die vordefinierten Einheiten der Weiß- und Farbbezugswerte müssen nicht gleich sein. Die beiden genannten Bezugswerte sichern die Vergleichbarkeit mehrerer Geräte untereinander und die Kontrolle der Ausgangsbedingungen vor jeder Messung.

Der Meßvorgang ist menügesteuert mit einer Erfassungskartei (Patientendatei) gekoppelt. Der zu messende Zahn wird nach üblichen Bezeichnungen gewählt und

der Weißabgleich wird ausgelöst. Jede Messung wird durch einen Tastendruck auf die Eingabetastatur des Rechners ausgelöst und von zwei unterschiedlichen Signaltönen begleitet, die Beginn und Ende einer Messung anzeigen. Den individuellen Bedingungen des Benutzers angepaßt, läßt sich der Anfangszeitpunkt der Messung zuvor einstellen. So kann sich der Benutzer des Meßsystems voll auf die auszuführende Messung konzentrieren.

Durch statistische Bearbeitung der jeweils 400 Meßwerte je Messung wird eine Meßgenauigkeit von etwa 2-3 digitalen Einheiten erreicht, was unter 0,2% und damit unter den Schwellwerten der Empfindlichkeit des Auges liegt.

## Beispiel 2

Das System entspricht in allen Punkten der Darstellung des Beispiels 1 mit Ausnahme der Ankopplung des Lichtleiters. Teile der Optoelektronik werden in den Meßkopf (24) verlagert. Damit erfolgt eine ausschließlich elektrische Kopplung (25) am PC-Ausgang der elektronischen Steckkarte, die über Kabel (26) mit dem Meßkopf (Abb. 8) verbunden wird. Im Meßkopf wird ein nur kurzer, gleichartig — wie oben beschrieben — geformter, jedoch unflexibler Lichtleiter (27) installiert.

## Beispiel 3

Der Meßkopf (Abb. 9) wird in Anlehnung an Beispiel 2 elektrisch an den PC-Ausgang gekoppelt aufgebaut. Der Meßkopf enthält keinen Lichtleiter und keine Leuchtdioden, sondern eine fotometrische Punktlichtquelle (17), ein optisches Abbildungssystem (28) und drei fotometrische Meßkanäle (29). Der Meßaufsatz (30) ist gesondert geformt und den optischen Bedingungen des offenen Kanals so angepaßt, daß die Meßgeometrie definiert erhalten bleibt (Abb. 11).

## 40 Bezugszeichenliste

- 1 Farbbringmuster, Meßobjekt, Meßfläche
- 1a zervikal gemessen
- 1b labial gemessen
- 1c inzisal gemessen
- 2 Lichtwellenleiter, Lichtleiter
- 2a 3 Faserbündel zum Leiten der Lichtimpulse von den Strahlern (10) zum Meßobjekt (1)
- 2b 1 Faserbündel zum Leiten der reflektierten Strahlung vom Meßobjekt (1) zum Fotoempfänger (11)
- 3 Meßkopf
- 4 Steuer- und Meßschaltung, elektronische Schaltung
- 5 PC, Personalcomputer, Rechner
- 6 Softwareprogramm auf Diskette
- 7 Rechnerbildschirm, PC-Bildschirm, Monitor
- 8 Elektronische Farbbringe, grafische Darstellung
- 9 Numerische Ausgabe in Prozenten und Bildschirmkoordinaten
- 10 Festkörperlichtquellen, Lichtquellen, LED, Leuchtdioden, Strahler
- 11 Fotoempfänger, Fotodiode
- 12 Spektrale Kennlinie einer Zahnfarbe des VITA-Farbring, zervikal gemessen
- 13 Kennlinien der Strahler, a — blau, b — grün, c — rot
- 14 Kennlinien des physiologischen Farbraums, Sensibilität des Auges, a — blau, b — grün, c — rot
- 15 Gemischte Darstellung der Kennlinien der Strahler und des physiologischen Farbraums

- 16 Meßaufsatz
- 17 Punktlichtquelle
- 18 Optische Steckkupplung an der Steckkarte des PC
- 19 Stecker, Steckerhälfte am Lichtwellenleiter
- 20 Führungsblech 5
- 21 Stirnseite, Stirnfläche, Meßkopfseite des Lichtleiters
- 22 Halterung des Lichtleiters
- 23 Weißnormal
- 24 Meßkopf des Beispiels 2
- 25 elektrische Kopplung am PC-Ausgang 10
- 26 Elektrisches Kabel
- 27 Unflexibler Lichtleiter im Meßkopf des Beispiels 2
- 28 Optisches Abbildungssystem
- 29 Fotometrische Meßkanäle
- 30 Meßaufsatz des Beispiels 3 15
- 31 PC-Eingabetastatur
- 32 Stirnseite der Faserbündel 2a an der Lichteintrittsseite
- 33 Bohrungen des Führungsblechs (20) am Stecker (19)
- 34 Fehlergrößenbezogener Punktkreis. Die jeweiligen 20  
Kreisdurchmesser geben  $\gamma/\sigma$  wieder

### Zeichnungen

- Abb. 1 Meßsystemanordnung 25
- Abb. 2 Farbringmuster mit Meßpunkten
- Abb. 3 Spektrale Kennlinien des physiologischen Farbraums
- Abb. 4 Spektrale Kennlinien der Strahler
- Abb. 5 Spektrale Kennlinie eines zervikal fotometrier- 30  
ten VITA-Farbringmusters
- Abb. 6 Gemischte Kennliniendarstellung
- Abb. 7 Meßkopf des Beispiels 1
- Abb. 8 Meßkopf des Beispiels 2
- Abb. 9 Meßkopf des Beispiels 3 35
- Abb. 10 Meßaufsatz des Beispiels 1 und 2
- Abb. 11 Meßaufsatz des Beispiels 3
- Abb. 12 Typische grafische Darstellung des elektroni- 40  
schen Farbrings VITA auf dem Bildschirm

### Patentansprüche

1. PC-gesteuertes Meßsystem zur Objektivierung der Referenzanalyse von Farben, insbesondere nahebeieinanderliegender Farben vor allem in Weiß- 45  
nähe, wie sie für natürliche Zähne typisch sind, bestehend aus einer optoelektronischen Steuer- und Meßschaltung (4), die in einem PC (5) installiert wird, einem Lichtwellenleiter (2) mit Meßkopf (3) und Ankopplung an die optoelektronischen Kom- 50  
ponenten (10+11) der Steuer und Meßschaltung (4) sowie einem Steuer- und Meßwertbearbeitungsprogramm (6) zur Gewährleistung eines getakteten Meßablaufs sowie einer grafischen (8) und numerischen Meßwertanalyse **dadurch gekenn- 55  
zeichnet**, daß das Meßobjekt (1) durch drei spektral definierte und gepulst zyklisch betriebene farbige Lichtquellen (10) über drei offene und am Austritt gebündelte optische Kanäle (2a) eines speziell konfigurierten Lichtwellenleiters (2) geometrisch 60  
definiert beleuchtet und die infolge entsprechender Konfiguration des Lichtwellenleiters (2) reflektierte Strahlung über einen vierten Kanal (2b) des Lichtwellenleiters (2) an einen durch Synchrontaktbetrieb gegen Fremdlichteinfluß abgeschirmten 65  
Fotoempfänger (11) gelangt, dessen Signale bearbeitet und einem PC (5) über eine Anpassungsschaltung zum menügesteuerten Vergleich mit ge-

speicherten Farbwerten zugeführt werden, die zuvor als sogenannte elektronische Farbringe (8) durch Einmessen oder manuelle Eingabe als Datei softwareseitig eingespeichert und vom Programm für die grafische und numerische Referenzanalyse im Farbraum des Gerätes aufgerufen werden.

2. Das Meßsystem gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß es Objekte (1) millimetrisch kleiner Abmessungen und beliebiger Farbwerte analysieren kann, sofern zuvor nahegelegene Farben des Referenzfarbrings in das Meßwertbearbeitungsprogramm des PC (5) mit erfindungsgemäßen Meßsystem eingelesen oder manuell eingegeben und zu einem grafisch darstellbaren elektronischen Farbring (8) transformiert wurden.

3. Das Meßsystem gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß es in jeden PC (5) auf der Basis einer histogrammgedingten Wartezeit eingepaßt werden kann und muß, wodurch gleichzeitig Fälschungssicherheit erreicht wird.

4. Die Auslösung des menügesteuerten Meßvorgangs mit dem Meßsystem gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß sie durch Tastendruck auf die Eingabetastatur (31) des PC (5) erfolgt, wobei der Auslösevorgang eine einstellbare Wartezeit beinhaltet und durch Signaltöne begleitet wird, die eindeutig Anfang und Ende der eigentlichen Messung markieren, damit sich der Benutzer voll und ganz auf die Beziehung zwischen Meßobjekt und Meßsonde konzentrieren kann.

5. Die drei Lichtquellen (10) gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß es sich um speziell gewählte Leuchtdioden handelt, deren spektrale Kennlinien eine Analyse der zu bestimmenden Referenzfarbe ermöglichen.

6. Die drei Lichtquellen (10) gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß sie gepulst nacheinander mit mehreren hundert Impulsfolgen je Messung betrieben werden und der Pulstakt gleichzeitig den das reflektierte Licht messenden Fotoempfänger und den elektronischen Analog-Digital-Wandler steuert, um den Meßvorgang zu kontrollieren und Fremdlichtverfälschungen auszuschließen.

7. Der Lichtwellenleiter (2) gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die lichtleitenden Fasern in vier Bündel (2a+2b) gleichen Querschnitts zusammengefaßt sind, die an der Lichteintrittsseite (32) zu gleichen Abständen nebeneinander linear in einer Steckkupplung (18) angeordnet sind und deren Einzelfasern an der Lichtaustrittsseite die Stirnfläche (21) radial und perimetral gleichverteilt überdecken und somit eine gleichmäßige Ausleuchtung der ausgewählten Fläche des Meßobjektes (1) innerhalb des Durchmessers des Lichtwellenleiters (2) sowie eine gleichmäßig über den Durchmesser verteilte Aufnahme des reflektierten Lichts gewährleisten.

8. Die Steckkupplung (18) gemäß Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, daß die linear nebeneinanderliegenden Stirnflächen der vier Faserbündel (2a+2b) des Lichtwellenleiters (2) in einer Steckfassung (19) mit einem Führungsblech (20) fest versessen so angeordnet sind, daß die in der Gegenfassung (18) als PC-Ausgang auf der Rechnerplatine definiert elastisch gelagerten Leuchtdioden (10) und Fotoempfänger (11) in die Bohrungen (33) des Führungsblechs (20) eingreifen und somit dicht an

den Stirnflächen der Faserbündel anliegen können.

9. Die elektronischen Farbringe gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß sie als Software entweder mit dem gleichen Meßsystem eingemessen oder manuell als Farbwerte über die Eingabetastatur des PC (5) eingegeben und im Rechnerprogramm zur Referenzanalyse eingespeichert werden.

10. Das PC-gesteuerte Meßsystem gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß nach Bearbeitung der Meßwerte die Referenzanalyse grafisch (8) auf dem Rechnerbildschirm (7) dargestellt wird und die Meßwerte sowie die zwei nächstgelegenen Farbwerte des jeweiligen elektronischen Farbrings in Prozenten (9) und Bildschirmkoordinaten numerisch ausgegeben werden, wobei die grafische Ausgabe auch den Meßfehler als fehlergrößenbezogenen Punktkreis (34) anzeigt und die farbliche Nähe zwischen Meßobjekt (1) und Farbringwert interaktiv anhand mehrerer elektronischer Farbringen bewertet werden kann.

11. Das PC-gesteuerte Meßsystem gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzanalyse von Farbwerten im Farbraum des Gerätes berechnet wird, ohne aufwendige Technik der optischen Spektralanalyse einzusetzen, obwohl eine Umrechnung der Referenzergebnisse auf Standard-Farbwertdarstellungen möglich ist, sofern die spektralen Kennlinien — wie (12) — der verwendeten Farbringe bekannt sind.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

50

55

60

65

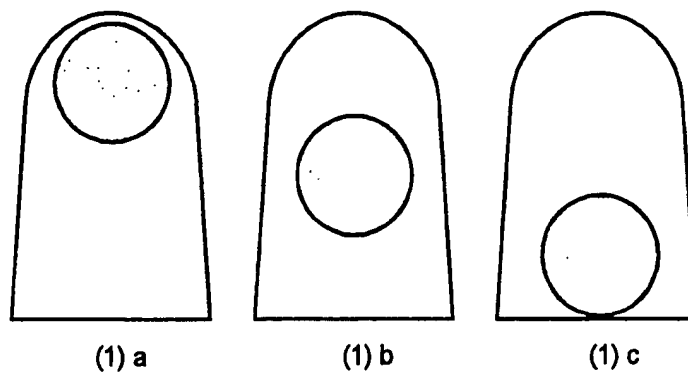
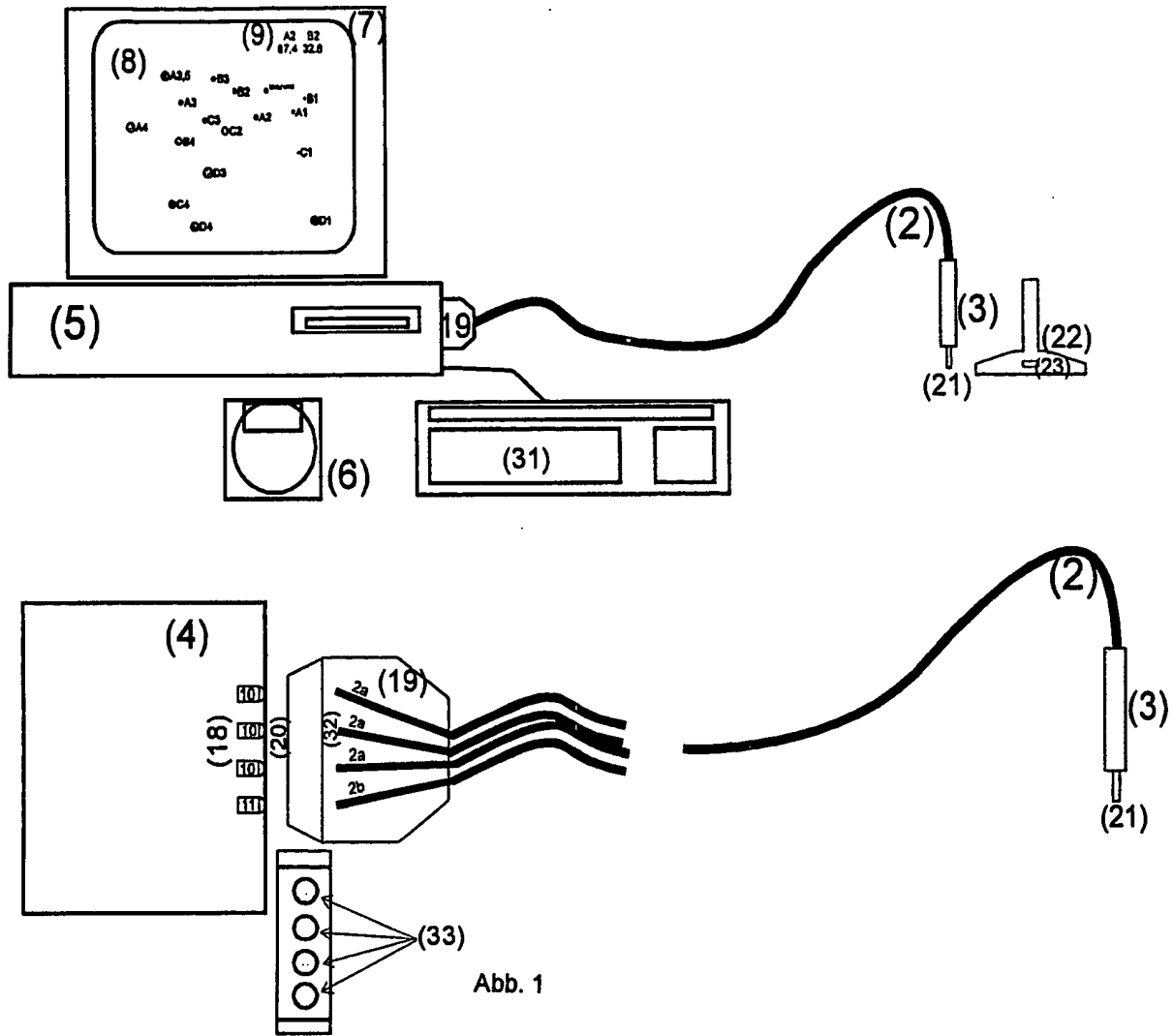


Abb.2



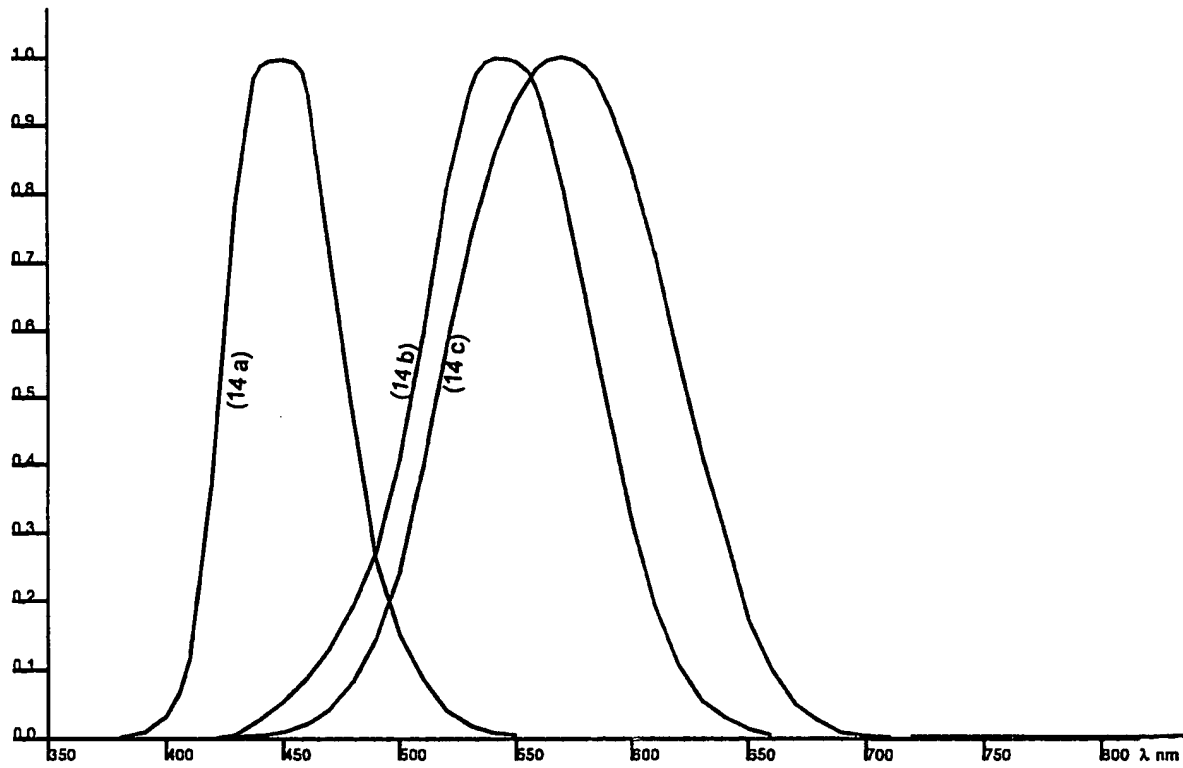


Abb. 3

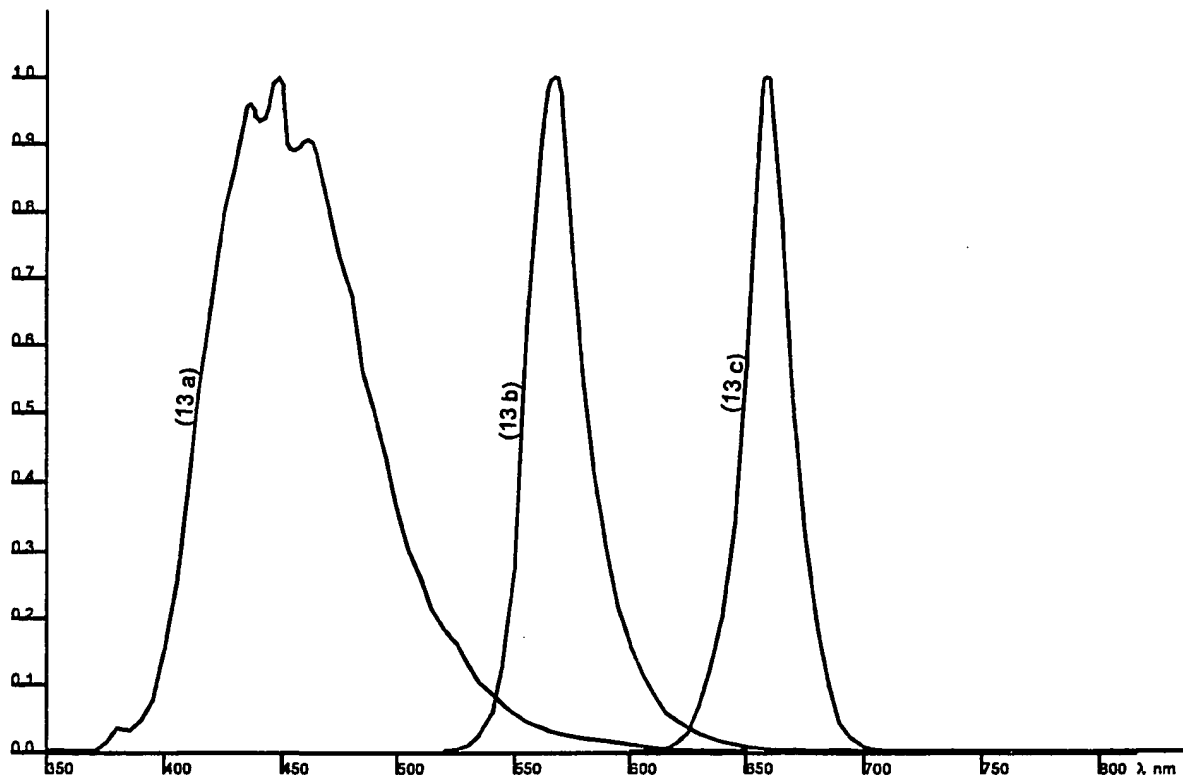


Abb. 4

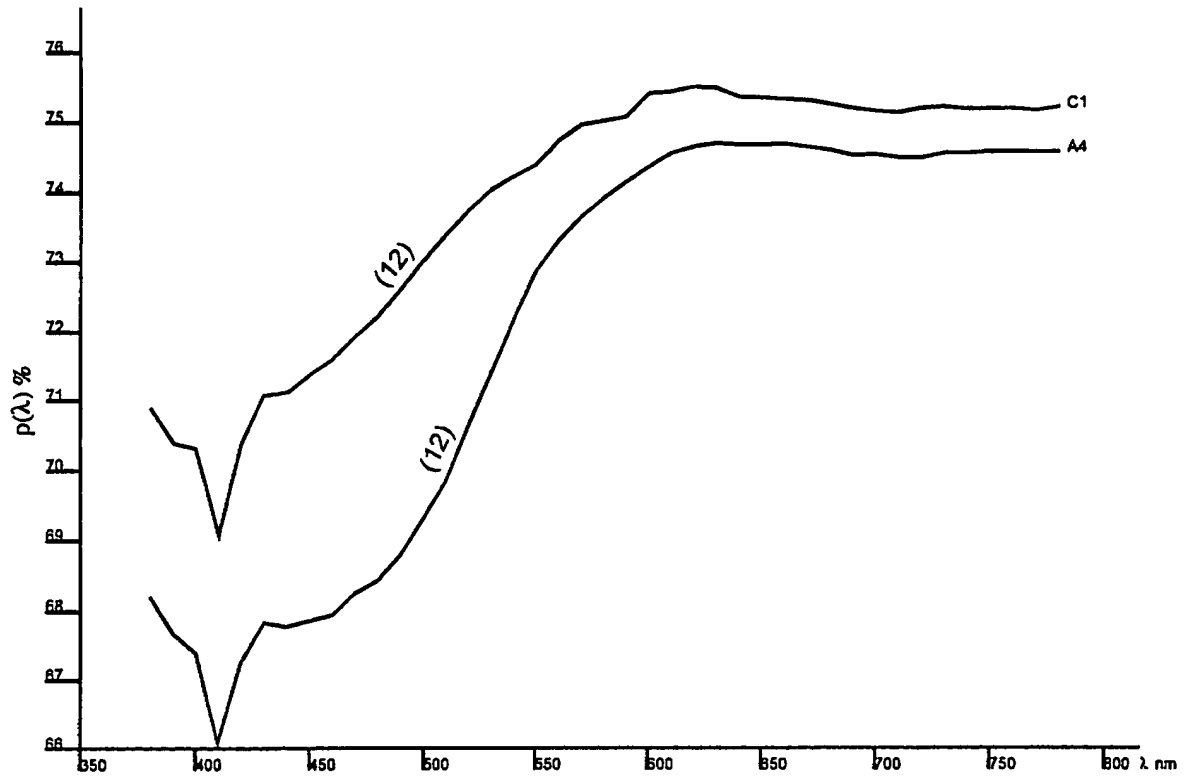


Abb.5

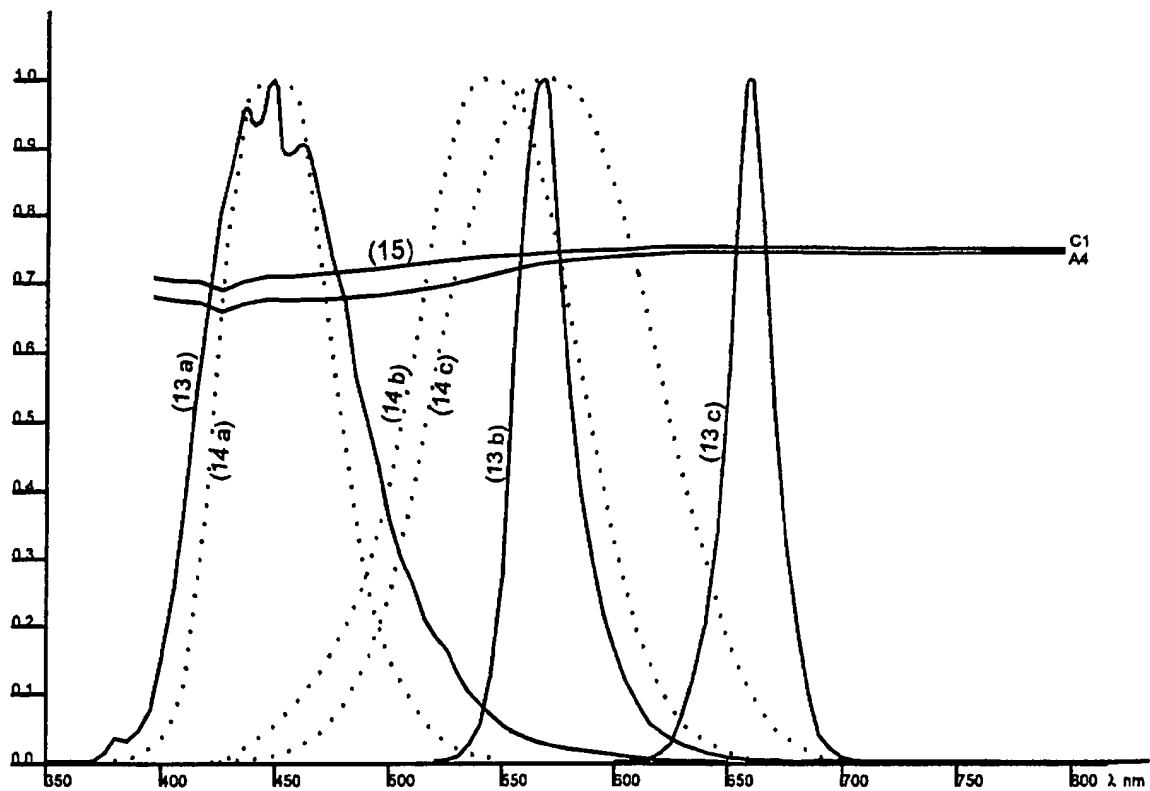
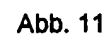
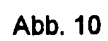


Abb. 6



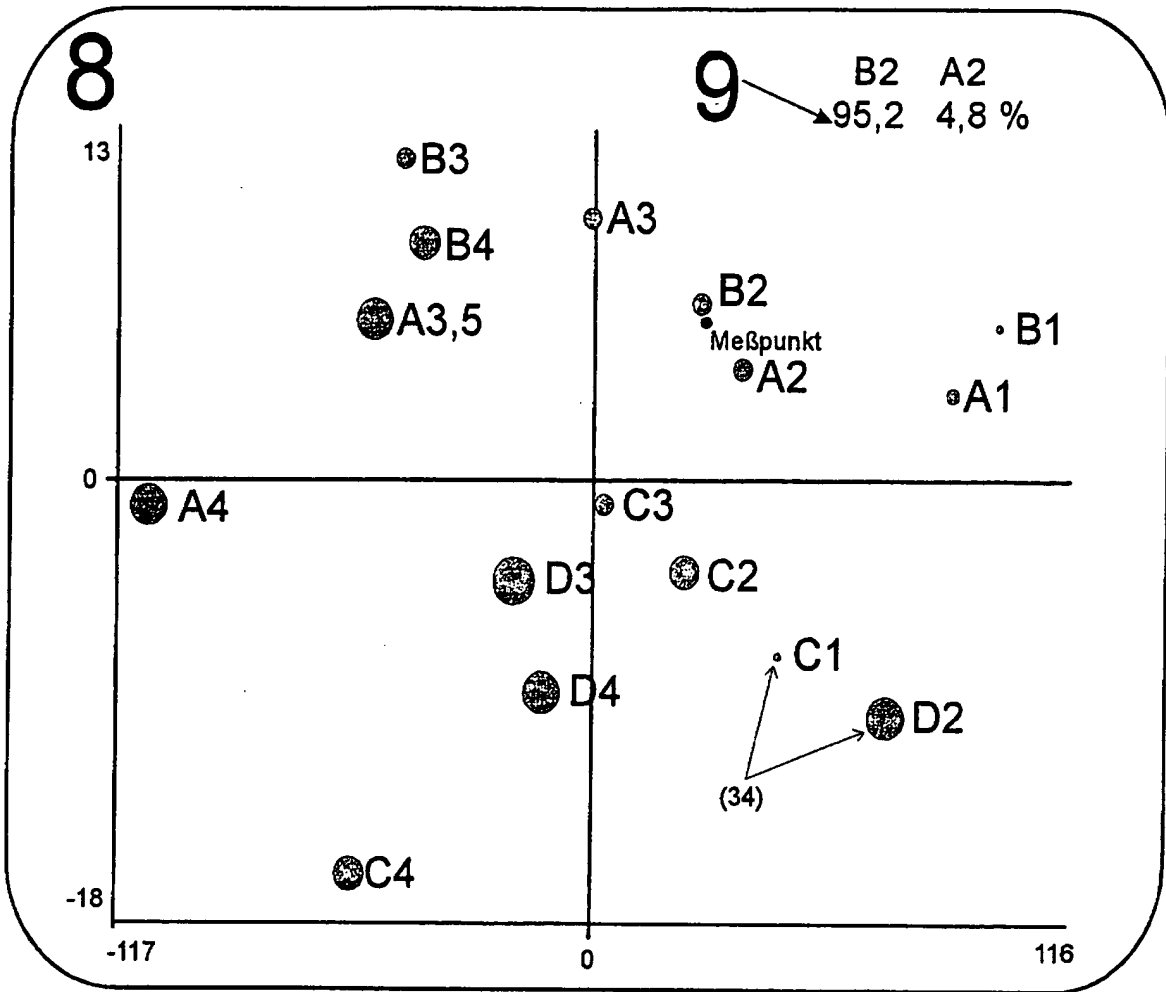


Abb. 12